

**PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS
GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI PT. PLN
RAYON SUKOHARJO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

HASNAN HABIBIE

D 400 160 049

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

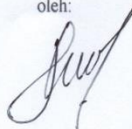
2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN TANAH
PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI PT. PLN RAYON SUKOHARJO**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:



HASANAN HABIBIE

D 400 160 049

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



ke pendataan
28/2/2020

AGUS SUPARDI, S.T., M.T

NIK. 883

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN TANAH
PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI PT. PLN RAYON SUKOHARJO




OLEH

HASNAN HABIBIE

D 400 160 049

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 6 April 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, ST.MT ()
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Jatmiko, MT ()
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Umar, ST.MT ()
(Anggota II Dewan Penguji)


Ir. Sunarjono, M.T., Ph.D
NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 April 2020

Penulis



HASNAN HABIBIE

D 400 160 049

PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN TANAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV DI PT. PLN RAYON SUKOHARJO

Abstrak

Arus gangguan tanah sering terjadi saat penyaluran energi listrik ke konsumen. Dalam proses penyaluran energi listrik dilengkapi dengan sistem pengetanahan yang baik. Arus gangguan tanah terdiri dari arus gangguan satu fasa ke tanah dan arus gangguan dua fasa ke tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah. Penelitian dimulai dengan study literature, pengumpulan data, pemodelan jaringan tegangan 20 kV di penyulang SOBA 07 untuk disimulasikan di ETAP 12.6, input data, analisis hasil arus gangguan tanah dan pengaruh jenis pengatanahan, kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan. Hasil simulasi menunjukkan arus gangguan tanah dipengaruhi oleh sistem pengetanahan (solid, resistor, reaktor). Arus gangguan tanah terbesar terjadi pada pengetanahan solid. Jika nilai impedansi pengetanahannya semakin besar maka arus gangguan tanahnya semakin kecil. Hasil perbandingan arus gangguan dengan simulasi ETAP 12.6 pada gangguan satu fasa ke tanah diperoleh arus gangguan sebesar 1.14 kA, dan gangguan dua fasa ke tanah diperoleh sebesar 1.44 kA. Perhitungan manual menghasilkan arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 1.14 kA, dan gangguan dua fasa ke tanah sebesar 1.41 kA. Selisih hasil simulasi ETAP 12.6 dengan perhitungan manual pada arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 0 kA, dan pada arus gangguan dua fasa ke tanah sebesar 0.03 kA. Untuk waktu penyetelan GFR di *incoming* diperoleh sebesar 0.36 detik, waktu penyetelan GFR di *outgoing* diperoleh sebesar 0.29 detik.

Kata Kunci : Arus Gangguan Tanah, Impedansi Pengetanahan, ETAP 12.6

Abstract

The flow of land disturbance often occurs when the distribution of electrical energy to consumers. In the process of channeling electrical energy is equipped with a good grinding system. The ground fault current consists of one phase fault current to the ground and two phase fault current to the ground. This research was conducted to determine the effect of the grounding system on the flow of soil interactions. The study began with a literature study, collecting data, modeling a 20 kV voltage network in the SOBA 07 feeder to be connected in ETAP 12.6,

input data, analysis of ground current output and the use of a type of rationing, the results of the analysis conducted. The simulation results show the ground fault current in the grounding system (solid, resistor, reactor). The biggest current of land disturbance occurs in solid grounding. If the impedance of pengetahannya is greater then the current of land changes is smaller. The results obtained from the test results with ETAP 12.6 on single phase disturbance to the ground obtained a disturbance current of 1.14 kA, and on the two phase disturbance to the ground obtained at 1.44 kA. Manual calculations produce a fault current of 1.14 kA, and a two phase disturbance to the ground of 1.41 kA. The difference in the results of ETAP 12.6 simulation with manual calculations on a single phase fault current to the ground is 0 kA, and on the two phase fault current to the ground it is 0.03 kA. For the setting time of the incoming GFR obtained by 0.36 seconds, the time of setting the incoming GFR is obtained by 0.29 seconds.

Keywords : Ground Current Disturbance, Impedance Of Ground, ETAP 12.6

1. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi adalah sarana dari sistem distribusi tenaga listrik untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen. Dalam proses penyaluran energi listrik sering terjadi gangguan listrik antara lain tegangan lebih, beban lebih, dan hubung singkat pada jaringan distribusi 20 kV. Jaringan distribusi perlu dilengkapi dengan sistem pengetanahan yang baik untuk menunjang peralatan untuk membatasi tegangan dan arus yang timbul sehingga mengurangi terjadinya hubung singkat yaitu arus gangguan ke tanah. Gangguan hubung singkat terjadi karena adanya gangguan antara bagian – bagian yang bertegangan, overload, busur /arching karena pengembunan bersama dengan udara, terutama pada isolator.

Arus gangguan biasa terjadi karena melebihi nilai normal yang mengalir melalui elemen jaringan. Arus yang berlebihan akan mengakibatkan kerusakan serius pada peralatan sistem pengetanahan. Berdasarkan penelitian, gangguan satu fasa ke tanah memiliki probabilitas terjadinya mencapai 80%, sedangkan gangguan dua fasa ke tanah kurang lebih 15% (Stevenson, 1994:380). IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) membatasi analisis arus gangguan ke tanah berdasarkan probabilitas terjadinya gangguan satu fasa ke tanah dan gangguan dua fasa ke tanah.

Pendekatan sistematis untuk menghitung arus gangguan karena impedansi gangguan yang melibatkan dua bus dan *ground* (Talaq, 2011). Sistem tenaga adalah sistem skala besar yang terdiri dari unit – unit pembangkit yang saling terhubung oleh jaringan transmisi dan distribusi. Gangguan, kebanyakan tidak simetris, sering terjadi pada jaringan distribusi. Gangguan semacam itu dapat menyebabkan gangguan serius pada pasokan daya dan dapat membuat tidak stabil sistem (Saha, 2013). Sistem komponen simetris dapat digunakan untuk mensimulasikan operasi sistem tenaga yang simetris dan asimetris (Moura, 2015). Sistem distribusi terjadi gangguan yang mempengaruhi keandalan sistem, keamanan, dan kualitas daya. Sistem harus dilindungi dari aliran arus hubung singkat menggunakan pemutus arus dengan nilai yang sesuai dan peralatan pelindung lainnya (Mathur, 2015). Arus gangguan tanah pada sistem pentanahan dengan resistansi tinggi menghasilkan arus yang kecil sehingga tidak memerlukan perbaikan segera. Arus gangguan tanah dengan resistansi tinggi juga meminimalkan gangguan yang merusak peralatan listrik dan menurunkan bahaya keselamatan manusia yang terkait dengan arus gangguan yang besar (T. Baldwin, 2001).

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah dalam penelitian

- 1) Apa pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah pada jaringan distribusi 20 kV di PT. PLN Rayon Sukoharjo ?
- 2) Bagaimana hasil simulasi pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah di software ETAP 12.6 ?
- 3) Bagaimana penyetelan *Ground Fault Relay* (GFR) pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN Rayon Sukoharjo ?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang dicapai dari penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah pada jaringan distribusi 20 kV di PT. PLN Rayon Sukoharjo ?

- 2) Mengetahui hasil simulasi pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah di software ETAP 12.6 ?
- 3) Mengetahui hasil penyetelan *Ground Fault Relay* (GFR) pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN Rayon Sukoharjo ?

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

1) Studi Literature

Melakukan pengumpulan data dari berbagai referensi – referensi yang bersumber dari buku, jurnal ilmiah, maupun thesis untuk menunjang penelitian yang berkaitan dengan judul tugas akhir untuk mendapatkan materi penelitian dan mengetahui dasar teorinya.

2) Pengumpulan Data

Kunjungan langsung di PT PLN (Persero) Rayon Sukoharjo untuk pengambilan data berupa *single line diagram* jaringan tegangan menengah 20 kV penyulang Soba 07, data penghantar, data trafo, data beban. Selanjutnya data digunakan untuk dasar perhitungan arus gangguan tanah pada program ETAP 12.6.

3) Input Data

Input data bertujuan untuk memasukkan nilai komponen sebelum simulasi pemodelan jaringan tegangan menengah 20 kV pada program ETAP 12.6.

4) Analisis Hasil

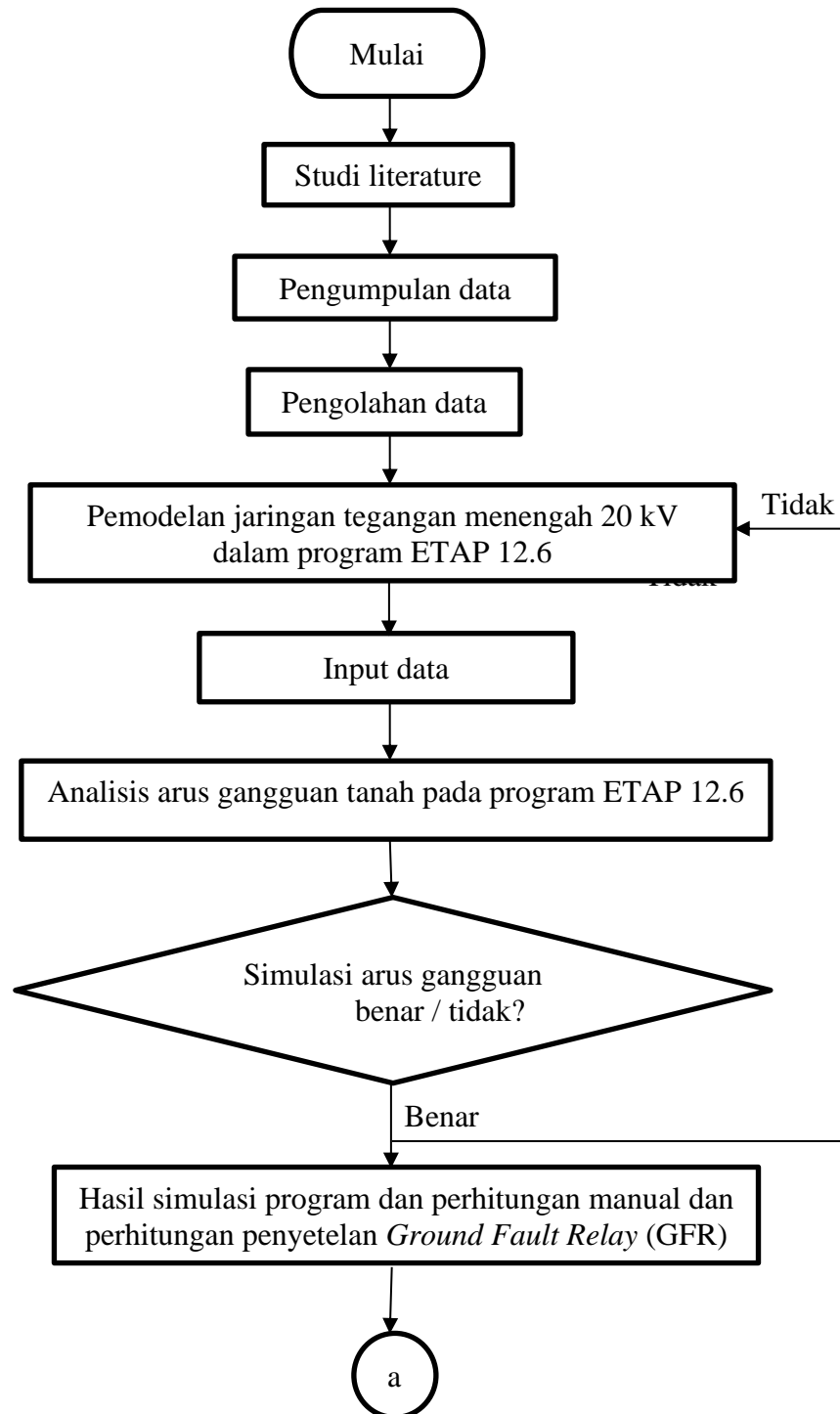
Analisis arus gangguan tanah dari simulasi program ETAP 12.6 bertujuan untuk melihat pengaruh jenis pengetanahan terhadap arus gangguan tanah, dan membandingkan hasil simulasi dengan hasil perhitungan manual.

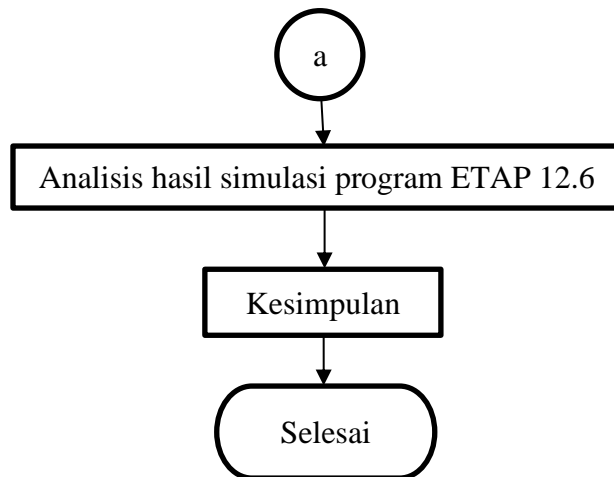
5) Kesimpulan

Tahapan terakhir ini untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan di lapangan dengan simulasi di program ETAP 12.6.

2.2 Flowchart Penelitian

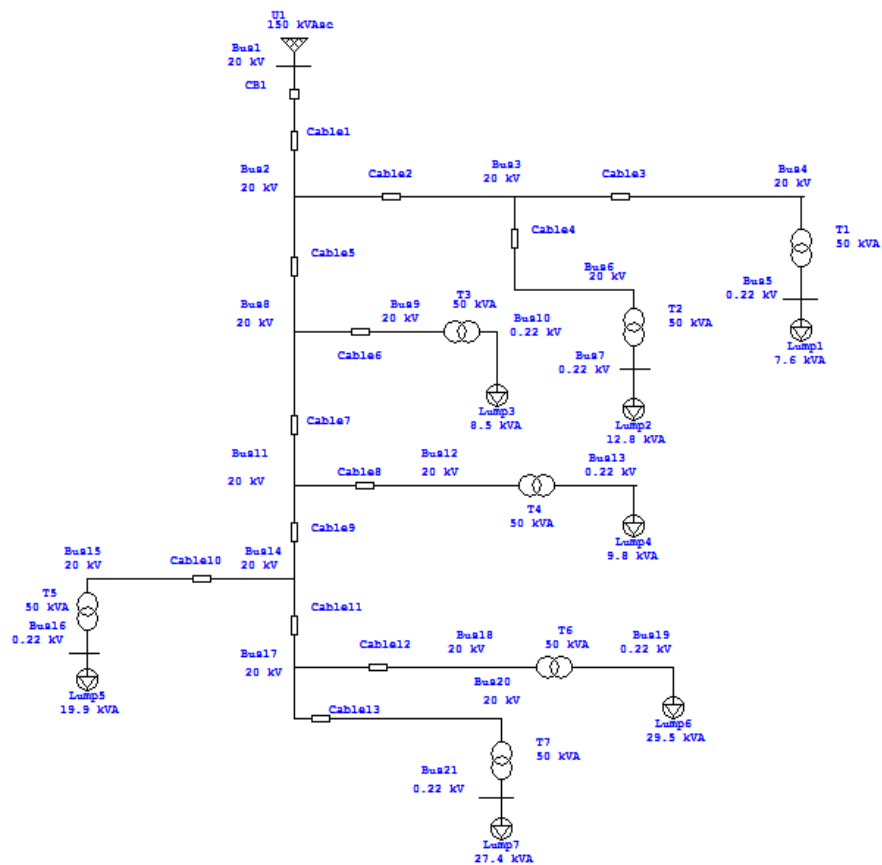
Metode penelitian yang digunakan dalam kegiatan ini adalah membuat kerangka kerja dengan memakai diagram alir, dimana kerangka kerja tersebut menjelaskan secara garis besar urutan penelitian yang akan dilaksanakan.





Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.3 Gambar jaringan distribusi 20 kV penyulang Soba 07

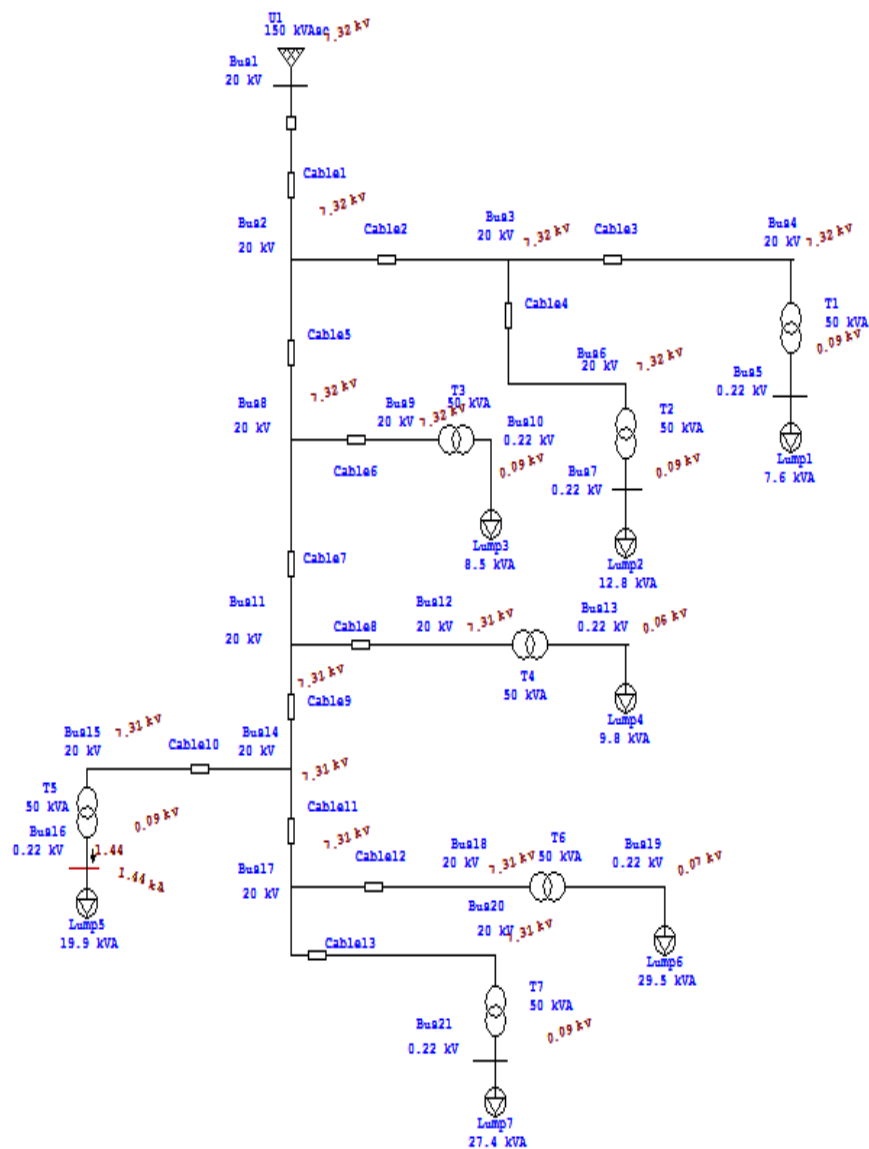


Gambar 2. Jaringan distribusi 20 kV penyulang Soba 07 dalam software ETAP 12.6

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi arus gangguan tanah

Simulasi ETAP 12.6 digunakan untuk menganalisis arus gangguan tanah satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah pada jaringan distribusi di PT. PLN Rayon Sukoharjo. Simulasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis pengetanahan terhadap arus gangguan tanah, dan mengetahui berapa arus gangguan satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah.

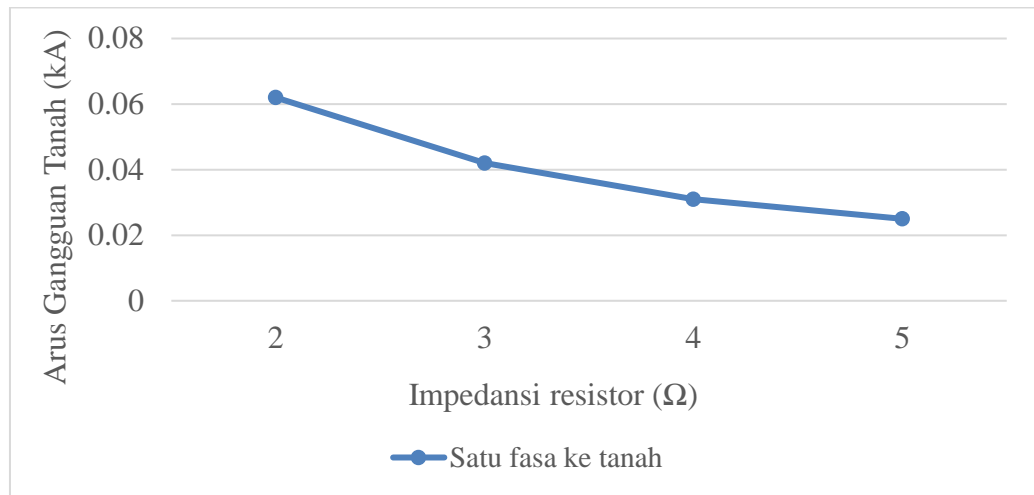


Gambar 3. Hasil simulasi pangaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah di bus 16

Tabel 1. Hasil simulasi pangaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah di bus 16.

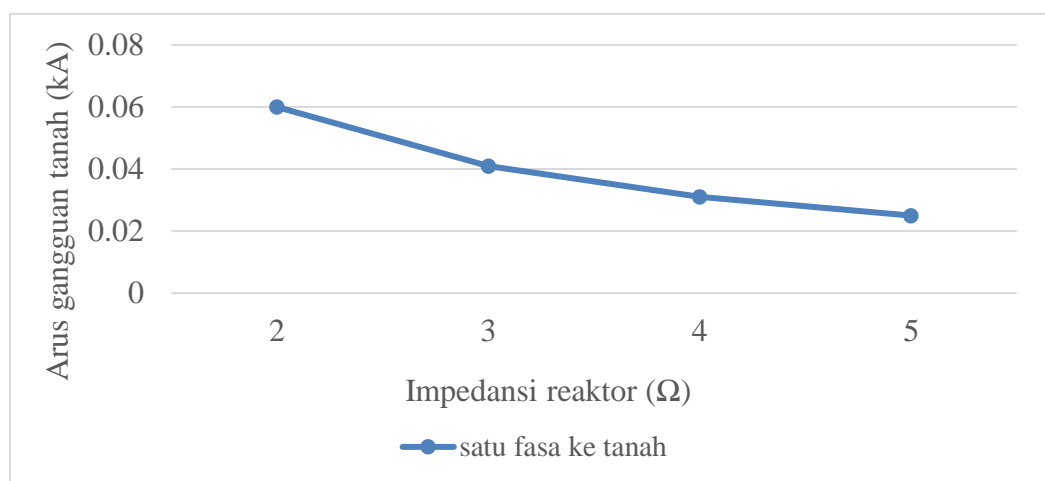
Jenis pengetanahan	Impedansi pengetanahan (Ω)	Arus gangguan tanah (kA)	
		Satu fasa	Dua fasa
Solid	0	1.14	1.44
Resistor	2	0.062	0.032
	3	0.042	0.021
	4	0.031	0.016
	5	0.025	0.013
Reaktor	2	0.060	0.031
	3	0.040	0.021
	4	0.031	0.016
	5	0.025	0.013

Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000) bahwa nilai tahanan impedansi pada pengetanahan diinginkan $\leq 5 \Omega$ atau sekecil mungkin. tabel 1 menampilkan pengaruh jenis pengetanahan melalui nilai tahanan impedansi terhadap arus gangguan ke tanah. Dari data tersebut dapat dilihat arus gangguan tanah terbesar terjadi pada pengetanahan solid sebesar 1.14 kA satu fasa ke tanah dan 1.44 kA dua fasa ke tanah. Sedangkan arus gangguan tanah terendah terjadi pada jenis pengetanahan reaktor dengan nilai tahanan impedansi 5Ω sebesar 0.025 kA satu fasa ke tanah dan 0.013 kA dua fasa ke tanah. Arus ganggun ke tanah ini terjadi karena salah satu fasanya mengalami ketidakseimbangan arus, hal ini menimbulkan arus urutan nol pada kawat netral dan berakibat terjadi gangguan pada sistem pengetanahannya.



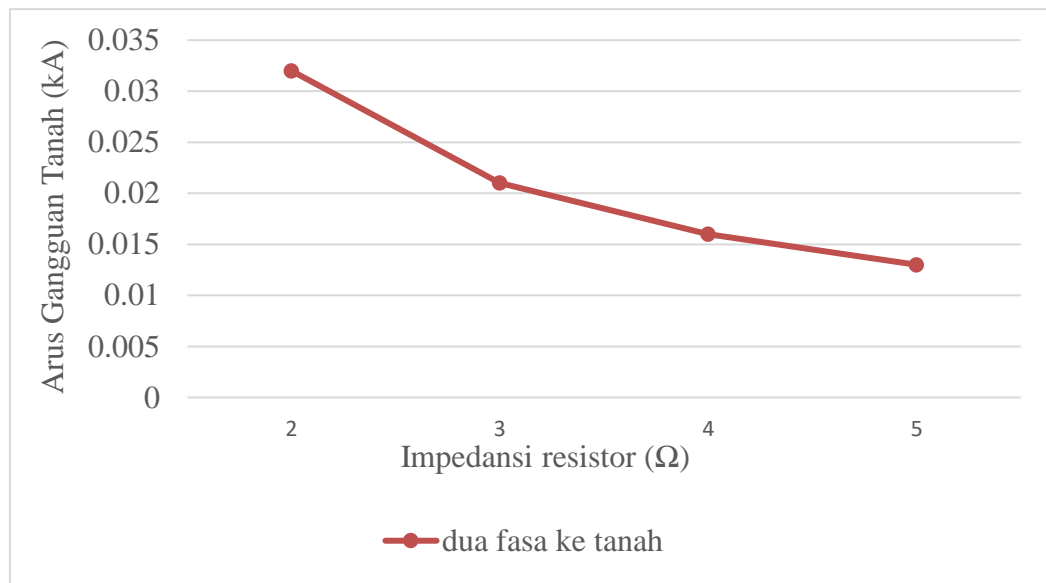
Gambar 4. Pengaruh nilai impedansi resistor terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah.

Gambar 4 menampilkan grafik pengaruh nilai impedansi resistor terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah pada jenis pengetanahan resistor dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6. Dengan impedansi sebesar 2Ω menghasilkan arus gangguan sebesar 0.062 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi 3Ω maka arus gangguan turun menjadi 0.042 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi 4Ω maka arus gangguan turun menjadi 0.031 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi 5Ω maka arus gangguan turun menjadi 0.025 kA. Demikian semakin besar nilai impedansi resistor, mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.



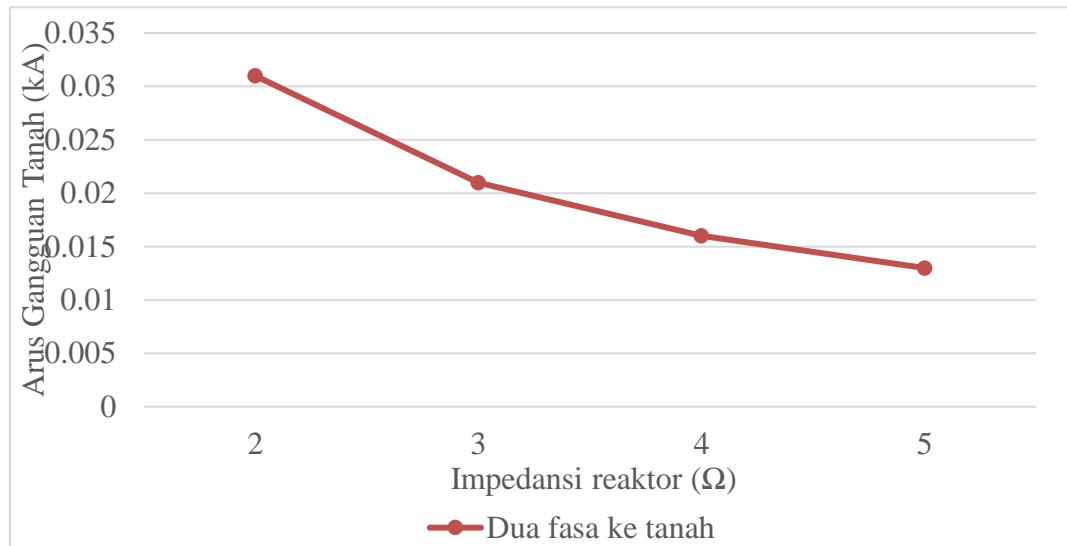
Gambar 5. Pengaruh nilai impedansi reaktor terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah.

Gambar 5 menampilkan grafik pengaruh nilai impedansi reaktor terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah pada jenis pengetanahan reaktor dengan simulasi menggunakan simulasi ETAP 12.6. Dengan impedansi sebesar $2\ \Omega$ menghasilkan arus gangguan sebesar 0.060 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi $3\ \Omega$ maka arus gangguan turun menjadi 0.040 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi $4\ \Omega$ maka arus gangguan turun menjadi 0.031 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi $5\ \Omega$ maka arus gangguan turun menjadi 0.025 kA. Demikian semakin besar nilai impedansi reaktor, mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.



Gambar 6. Pengaruh nilai impedansi resistor terhadap arus gangguan dua fasa ke tanah.

Gambar 6 menampilkan grafik pengaruh nilai impedansi resistor terhadap arus gangguan dua fasa ke tanah pada jenis pengetanahan resistor dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6. Dengan impedansi sebesar $2\ \Omega$ menghasilkan arus gangguan sebesar 0.032 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi $3\ \Omega$ maka arus gangguan turun menjadi 0.021 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi $4\ \Omega$ maka arus gangguan turun menjadi 0.016 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi $5\ \Omega$ maka arus gangguan turun menjadi 0.013 kA. Demikian semakin besar nilai impedansi resistor, mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.



Gambar 7. Pengaruh nilai impedansi reaktor terhadap arus gangguan dua fasa ke tanah.

Gambar 7 menampilkan grafik pengaruh nilai impedansi reaktor terhadap arus gangguan dua fasa ke tanah pada jenis pengetanahan reaktor dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6. Dengan impedansi sebesar 2 Ω menghasilkan arus gangguan sebesar 0.031 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi 3 Ω maka arus gangguan turun menjadi 0.021 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi 4 maka arus gangguan turun menjadi 0.016 kA. Ketika impedansi dinaikkan menjadi 5 Ω maka arus gangguan turun menjadi 0.013 kA. Demikian semakin besar nilai impedansi reaktor, mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.

3.2 Hasil perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah

Perhitungan arus gangguan tanah dilakukan di bus 16 kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi arus gangguan tanah pada ETAP 12.6. Data yang diperlukan adalah data impedansi pada bus 16 sebagai basis perhitungan. Salah satu contoh impedansi yang digunakan dalam perhitungan arus gangguan tanah satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah, seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai impedansi arus gangguan tanah pada bus 16.

Jenis impedansi	Resistansi (Ω)	Reaktansi (Ω)
Z_1	0.04500	0.12697
Z_2	0.04500	0.12697
Z_0	0.02452	0.06056

Perhitungan arus gangguan satu fasa ke tanah

Arus gangguan tanah satu fasa ke tanah dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (1)$$

Dengan :

$$I_a = 3 \times I_{a1}$$

$$I_b = 0 \text{ dan } I_c = 0$$

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0}$$

$$E_a = \frac{v}{\sqrt{3}} = \frac{0.22}{\sqrt{3}} = 0.127 \text{ kV}$$

$$Z_1 = 0.04500 + j0.12697 \Omega$$

$$Z_2 = 0.04500 + j0.12697 \Omega$$

$$Z_0 = 0.02452 + j0.06056 \Omega$$

$$Z_{\text{total}} = Z_1 + Z_2 + Z_0$$

$$= (0.04500 + j0.12697) + (0.04500 + j0.12697) + (0.02452 + j0.06056)$$

$$= 0.11 + j0.31 \Omega$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_{a1} &= \frac{E_a}{Z_{\text{total}}} = \frac{0.127 + j0}{0.11 + j0.31} \\ &= \frac{0.127 \angle 0^\circ}{0.33 \angle 70.46^\circ} = 0.38 \angle -70.46^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

$$I_a = 3 \times I_{a1} = 3 \times 0.38 \angle -70.46^\circ = 1.14 \angle -77.02^\circ \text{ kA}$$

Perhitungan arus gangguan dua fasa ke tanah

Perhitungan arus gangguan dua fasa ke tanah dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_2 \times Z_0}{Z_2 + Z_0}} \quad (2)$$

Dengan :

$$I_a = 0$$

$$E_a = \frac{v}{\sqrt{3}} = \frac{0.22}{\sqrt{3}} = 0.127 \text{ kV}$$

$$Z_1 = 0.04500 + j0.12697 = 0.13 \angle 70.48^\circ \Omega$$

$$Z_2 = 0.04500 + j0.12697 = 0.13 \angle 70.48^\circ \Omega$$

$$Z_0 = 0.02452 + j0.06056 = 0.07 \angle 67.96^\circ \Omega$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_{a1} &= \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_2 \times Z_0}{Z_2 + Z_0}} = \frac{0.127 + j0}{0.04500 + j0.12697 + \frac{(0.04500 + j0.12697) \times (0.02452 + j0.06056)}{(0.04500 + j0.12697) + (0.02452 + j0.06056)}} \\ &= \frac{0.127 \angle 0^\circ}{0.09 \angle 60.85^\circ} = 1.41 \angle -60.85^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

Tabel 3. Selisih hasil simulasi ETAP 12.6 dengan perhitungan manual.

Jenis gangguan	Hasil perbandingan		Selisih Manual - Simulasi
	Hitung manual	Simulasi ETAP	
Satu fasa ke tanah	1.14 kA	1.14 kA	0 kA
Dua fasa ke tanah	1.41 kA	1.44 kA	0.03 kA

Tabel 3 menampilkan arus gangguan tanah yaitu arus gangguan satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah. Dari hasil perbandingan arus gangguan dengan simulasi ETAP 12.6 pada gangguan satu fasa ke tanah diperoleh arus gangguan sebesar 1.14 kA, dan pada gangguan dua fasa ke tanah diperoleh arus gangguan sebesar 1.44 kA. Perhitungan manual menghasilkan arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 1.14 kA, dan gangguan dua fasa ke tanah diperoleh arus gangguan sebesar 1.41 kA. Selisih hasil simulasi ETAP 12.6 dengan perhitungan manual pada arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 0 kA, dan pada arus gangguan dua fasa ke tanah sebesar 0.03 kA.

3.3 Penyetelan GFR (*Ground Fault Relay*) di incoming dan outgoing

Menentukan penyetelan GFR (*Ground Fault Relay*) di *incoming* data yang diperlukan untuk perhitungan adalah data arus gangguan satu fasa ke tanah dari hasil perhitungan manual dan dari PLN Sukoharjo sebagai berikut.

Hasil perhitungan manual pada arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 1.14 kA

Jarak gangguan di *incoming* 8%

Rasio CT = 2000 : 1

Waktu = $\Delta t + t = 0.4 + 0.57 = 0.97$ detik

Perhitungan penyetelan GFR (*Ground Fault Relay*) sebagai berikut:

$$I_{\text{Set (primer)}} = 8\% \times I_{1\text{fasa}} = 8\% \times 1.14 = 0.0912 \text{ kA}$$

$$I_{\text{Set (sekunder)}} = I_{\text{Set (primer)}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}} = 0.0912 \times \frac{1}{2000 : 1} = 0.0000456 \text{ kA}$$

Penyetelan waktu GFR (*Ground Fault Relay*)

$$t = \frac{0.14 \times \text{tms}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set primer}}}\right)^{0.02} - 1} \quad (3)$$

$$0.97 = \frac{0.14 \times \text{tms}}{\left(\frac{1.14}{0.0912}\right)^{0.02} - 1}$$

$$0.97 = \frac{0.14 \times \text{tms}}{0.0518}$$

$$0.14 \times \text{tms} = 0.0518 \times 0.97$$

$$\text{tms} = \frac{0.05}{0.14}$$

$$\text{tms} = 0.36 \text{ detik}$$

Menentukan penyetelan GFR (*Ground Fault Relay*) di *outgoing* data yang diperlukan perhitungan adalah data arus gangguan satu fasa ke tanah dari hasil perhitungan manual dan dari PLN Sukoharjo sebagai berikut.

Hasil perhitungan manual pada arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 1.14 kA

Jarak gangguan di *outgoing* 10%

Rasio CT = 400 : 1

Waktu = $\Delta t + t = 0.4 + 0.55 = 0.95$ detik

Perhitungan penyetelan GFR (*Ground Fault Relay*) sebagai berikut:

$$I_{\text{Set (primer)}} = 10\% \times I_{1\text{fasa}} = 10\% \times 1.14 = 0.114 \text{ kA}$$

$$I_{\text{Set (sekunder)}} = I_{\text{Set (primer)}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}} = 0.114 \times \frac{1}{400 : 1} = 0.000285 \text{ kA}$$

Penyetelan waktu GFR (*Ground Fault Relay*)

$$t = \frac{0.14 \times \text{tms}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set primer}}}\right)^{0.02} - 1} \quad (4)$$

$$0.95 = \frac{0.14 \times \text{tms}}{\left(\frac{1.14}{0.114}\right)^{0.02} - 1}$$

$$0.95 = \frac{0.14 \times \text{tms}}{0.0471}$$

$$0.14 \times \text{tms} = 0.0471 \times 0.95$$

$$\text{tms} = \frac{0.04}{0.14}$$

$$\text{tms} = 0.29 \text{ detik}$$

Didapat perhitungan penyetelan waktu GFR di *incoming* sebesar 0.36 detik dan penyetelan di *outgoing* sebesar 0.29 detik.

4. PENUTUP

Berdasarkan analisis arus gangguan tanah pada penyulang Soba 07 di PLN Rayon Sukoharjo dengan menggunakan metode simulasi ETAP 12.6 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dengan menggunakan metode pengetanahan solid diperoleh arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 1.14 kA, pada gangguan dua fasa ke tanah diperoleh sebesar 1.44 kA.
- 2) Ketika impedansi resistor dinaikkan dari 2 - 5 Ω maka arus gangguan satu fasa ke tanah akan turun dari 0.062 kA sampai 0.025 kA. Semakin besar impedansi resistor mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.
- 3) Ketika impedansi reaktor dinaikkan dari 2 - 5 Ω maka arus gangguan satu fasa ke tanah akan turun dari 0.060 kA sampai 0.025 kA. Semakin besar impedansi reaktor mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.
- 4) Ketika impedansi resistor dinaikkan dari 2 - 5 Ω maka arus gangguan dua fasa ke tanah akan turun dari 0.032 kA sampai 0.013 kA. Semakin besar impedansi resistor mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.

- 5) Ketika impedansi reaktor dinaikkan dari 2 – 5 Ω maka arus gangguan dua fasa ke tanah akan turun dari 0.031 kA sampai 0.013 kA. Semakin besar impedansi reaktor mengakibatkan semakin kecil arus gangguan tanahnya.
- 6) Selisih hasil simulasi ETAP 12.6 dari perhitungan manual untuk arus gangguan satu fasa ke tanah sebesar 0 kA dan dua fasa ke tanah sebesar 0.03 kA.
- 7) Waktu penyetelan GFR di *incoming* sebesar 0.36 detik, dan waktu penyetelan GFR di *outgoing* sebesar 0.29 detik dipenyulang Soba 07.

PERSANTUNAN

- 1) Puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan kemudahan serta hidayah untuk menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.
- 2) Kedua orang tua dari ibu Siti Nuraini dan bapak Abdani yang selalu memberikan semangat, dukungan dan motivasi secara pribadi.
- 3) Bapak Umar S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Elektro yang selalu memberi bimbingan dan arahan untuk mahasiswa untuk lebih giat dan rajin.
- 4) Bapak Agus Supardi, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir.
- 5) Teman – teman Teknik Elektro 2016 Universitas Muhammadiyah Surakarta yang saling mendukung dan memotivasi untuk menyelesaikan mata kuliah tugas akhir .

DAFTAR PUSTAKA

- Bimantara (2017). “Evaluasi *Relay Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada GI Gandus menggunakan software ETAP 12.6.0”. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Mantara (2018). “Analisis Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Kedonganan”. Universitas Udayana.
- Mathur, akhilesh., Pan, vinay., das biswarup. 2015. Unsymmetrical short-circuit analysis for distribution system considering loads. *Journal Electrical Power and Energy Systems*, 70, 27-38.
- Moura, Ailson P., Paces lopes, J. A., de Maura ardiano, A.f. 2015. Sequence networks to the calculation of twosimultaneous faults at the same location. *Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 69, 414-420.
- Saha, s., aldeen, m., tan, C. P. 2013. Unsymmetrical fault diagnosis in

transmission/distribution networks. *Journal of Electrical Power and Energy System*, 45, 252-263.

Talaq, jawad. 2011. Fault calculations using three terminal Thevenin's equivalent circuit. *Journal Electrical Power and Energy Systems*, 33, 1462-1469.

T. Baldwin, F. Renovich, L. Saunders, and D. Lubkeman, 2001. "Fault locating in ungrounded and high-resistance grounded systems," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 37, pp. 1152–1159.